

СЕМАНТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВЫХ ДАННЫХ

С.И. Маторин
А.Г. Жихарев

*Белгородский
государственный
университет*

e-mail: matorin@bsu.edu.ru

Рассматривается проблема понимания речи как неотъемлемая часть процесса обработки речевых данных. Приводится модель процесса понимания знаков. Описывается новая методология представления знаний в ЭВМ на основе системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект».

Ключевые слова: визуальное графоаналитическое моделирование, УФО-технология, автоматизация построения диаграмм, обработка речевых данных, понимание речи.

Введение

Человек и ЭВМ – сейчас эти понятия становятся все ближе и ближе. На современном этапе развития человечества уже трудно представить нашу обыденную жизнь без цифровой техники. Быстрыми темпами во все сферы человеческой деятельности внедряются системы автоматической и автоматизированной обработки информации, поэтому человеку приходится взаимодействовать с ЭВМ, передавать ей информацию на обработку и получать соответствующие результаты. Это взаимодействие (человек – ЭВМ) может быть реализовано традиционно в виде формальных команд, понятных ЭВМ, которые, в свою очередь, отдаются человеком посредством специальных устройств. В настоящее время, однако, все большее значение приобретает речевое взаимодействие человека с компьютером, обеспечение которого требует решения следующих задач:

- распознавание речи, в результате чего в ЭВМ формируется массив знаков, соответствующих произнесенным звуковым сигналам, представляющим слова и выражения;
- понимание речи, в результате чего в ЭВМ на основе сформированного ранее массива знаков формируется ожидаемый человеком результат речевого воздействия.

Полноценная обработка речевых данных возможна только в результате решения обоих упомянутых задач. При этом понимание речи, т.е. естественного языка (ЕЯ) на сегодняшний день продолжает оставаться нерешенной до конца проблемой.

Моделирование понимания речи

Что происходит, когда человек слышит речь? Здесь возможны две ситуации. У человека имеются ранее приобретенные знания, связанные с понятием, представленным распознанными из речевых данных знаками. В таком случае у человека посредством оперирования имеющимися знаниями, связанными с услышанным понятием, возникают различные ассоциации. Например, представим себе, что человек распознал слово «стол». При этом у него имеются знания, что «стол» – это предмет мебели, состоит из нескольких частей (полотно и четыре ножки), используется для удобного расположения предметов. Возникают образы стола и ассоциирующихся с ним объектов: «стул», «работа», «кабинет» и др. Все эти процессы происходят за счет того, что ранее человеком были приобретены знания в данной предметной области и в момент произношения звуков, составляющих слово «стол», у него имеются знания о соответствующем понятии. Если же для человека распознанное слово не связано с известным понятием, то запускаются процессы получения знаний о понятии, представляемым распознанным словом.

В настоящее время практически все компьютерные системы, основанные на знаниях (СОЗ), организованы по описанному выше в общих чертах алгоритму. СОЗ использует знания, представленные определенным образом, и различные ассоциации и механизмы вывода, посредством которых и имитируется «мышление», «познание» и «обучение».

Как видно из рис. 1, на входе в СОЗ могут быть либо речевые данные,

соответствующие самому понятию, либо речевые данные, соответствующие информации о понятии (в том случае, если исходное понятие не известно системе), а на выходе будет ответная реакция системы на внешнее «раздражение» речевыми данными.



Рис. 1. Модель реакции системы на «раздражение» ее речевыми данными

Как было упомянуто выше, при идентификации речевых данных необходимо осуществить проверку, имеются ли связанные с ним знания. Для этого служит краткосрочная память, которая играет роль индекса содержимого базы знаний, т.е. здесь проиндексированы все понятия, использующиеся в базе знаний, для быстрого поиска и сравнения понятий, соответствующих речевым данным из внешнего источника информации. Механизмы вывода являются интерфейсом между внешним источником речевых данных и базой знаний, т.е. с помощью данных механизмов и осуществляется оперирование со знаниями, содержащимися в базе знаний. База знаний представляет собой долгосрочное хранилище знаний, в котором они (знания) представлены определенным образом. От способа представления знаний зависит вся работа СОЗ: ее эффективность, скорость и качество.

Рассмотренный выше подход к пониманию и его моделированию позволяет рассматривать результат понимания как результат когнитивного информационного процесса. Данный подход к результату понимания позволяет выбрать для его моделирования такой объект, модель которого обеспечит имитацию понимания средствами ЭВМ.

Чтобы обосновать предлагаемый в соответствии с принятой стратегией метод моделирования понимания, необходимо обосновать выбор объекта моделирования, а для этого необходимо определить, что же все-таки является результатом понимания знаков ЕЯ, т.е., в данном случае речи, человеком.

Для решения данной задачи разработана **схема понимания знака** [1], основанная на данных экспериментальной психологии, нейропсихологии и когнитологии. Схема иллюстрирует когнитивный информационный процесс понимания смысла знака ЕЯ (см. рис. 2).

Процесс понимания знака включает этапы **отражения** его в сознании человека и **собственно понимания**. Несмотря на единство этих этапов, между ними существуют принципиальные различия. Рассмотрим сначала процесс отражения любого материального объекта в сознании человека. При воздействии материального объекта Y на органы чувств в сознании возникают ощущения, при «сложении» которых на уровне восприятия формируется образ конкретного объекта ($Y_{ко}$ – конкретный образ). При повторных восприятиях данного объекта или объектов данного типа действует **механизм суммации**. В результате в сознании человека фиксируются повторяющиеся, общие, чувственно воспринимаемые признаки

объектов, что приводит к формированию обобщенного образа (Y_{oo}) объектов данного типа на уровне представления.

С накоплением опыта индивида по отражению объектов материального мира и при достижении определенного уровня обобщения начинает действовать **механизм активного поиска** и формируется **абстрактный образ** (Y_{ao}) объектов данного класса или понятие данного класса объектов на уровне абстрактного отражения (теоретического или словесно-логического мышления). Благодаря логике, по которой работает механизм активного поиска, абстрактный образ содержит существенные признаки отражаемого класса объектов, т. е. в нем человек познает сущность объектов материального мира.

Если индивид сформировал абстрактный образ некоторого класса объектов, то в процессе **опознания** объекта этого класса от Y_{ko} из-за **ассоциации по сходству** возбудится Y_{oo} , а затем из-за **ассоциации по смежности** – Y_{ao} . В результате опознания конкретный воспринимаемый объект Y соотнесется с соответствующим классом объектов. Действующие при этом механизмы суммации и активного поиска могут повысить степень обобщения и степень абстракции образов.

На первом этапе процесса понимания знака X в результате его отражения и опознания как некоторого объекта в сознании человека возбуждятся конкретный, обобщенный и абстрактный образы – X_{ko} , X_{oo} , X_{ao} соответственно. Сущность знака заключается в обозначении им другого объекта, поэтому можно предположить, что знак, известный человеку, отразится в сознании именно до уровня абстрактного образа.

На втором этапе процесса понимания знака совершается переход по ассоциации по смежности (значению) от X_{ao} к образу объекта Y . Таким образом, осуществляется собственно понимание знака X .

Переход от образа знака (X_{ao}) к образу объекта (Y_{ao}) сводится к использованию возникающей в сознании в процессе формирования понятия (объекта Y) ассоциации по смежности между данным знаком для абстрактного образа данного объекта и системой других знаков, т. е. абстрактных образов (понятий). Вся разница между X_{ao} и Y_{ao} состоит в том, что X_{ao} есть отдельно взятый знак, а Y_{ao} – тот же знак, но включенный в систему других знаков.

Переход от образа знака (X_{ao}) к образу объекта (Y_{oo}) сводится к использованию возникающей в сознании в процессе формирования понятия (Y_{ao}) ассоциации по смежности между Y_{ao} и Y_{oo} , срабатывающей при опознании объектов класса.

Образы объекта, к которым по ассоциации по смежности осуществляется переход от образа знака, являются **смыслами**. Обобщенный смысл формируется на чувственном уровне, абстрактный – на абстрактном уровне отражения соответственно. Итак, **конкретным смыслом** назовем образ (Y_{ko}) конкретного объекта в сознании человека на уровне восприятия, **обобщенным смыслом** – обобщенный образ (Y_{oo}) данного типа объектов на уровне представления, **абстрактным смыслом** (понятием) – абстрактный образ (Y_{ao}) класса объектов на уровне словесно-логического мышления.

Анализ функций участников знаковой ситуации позволяет рассматривать образ денотата, т. е. смысл, в качестве основного результата процесса понимания, что позволяет обосновать предлагаемый подход к моделированию понимания. Если процесс понимания знаков ЕЯ состоит в «реконструкции» их смысла как результата этого процесса, то формализация понимания должна осуществляться за счет формализации смысла знака. Причем такая формализация возможна, так как анализ когнитивных информационных процессов при понимании знаков показывает, что смысл сводится к конструктивному и осязаемому явлению – образу обозначенного знаком объекта. Образ объекта реальной действительности в сознании человека, как видно из схемы понимания знаков ЕЯ, обладает вполне определенными функциями в системе данного информационного процесса, структурой, свойствами и механизмами формирования.

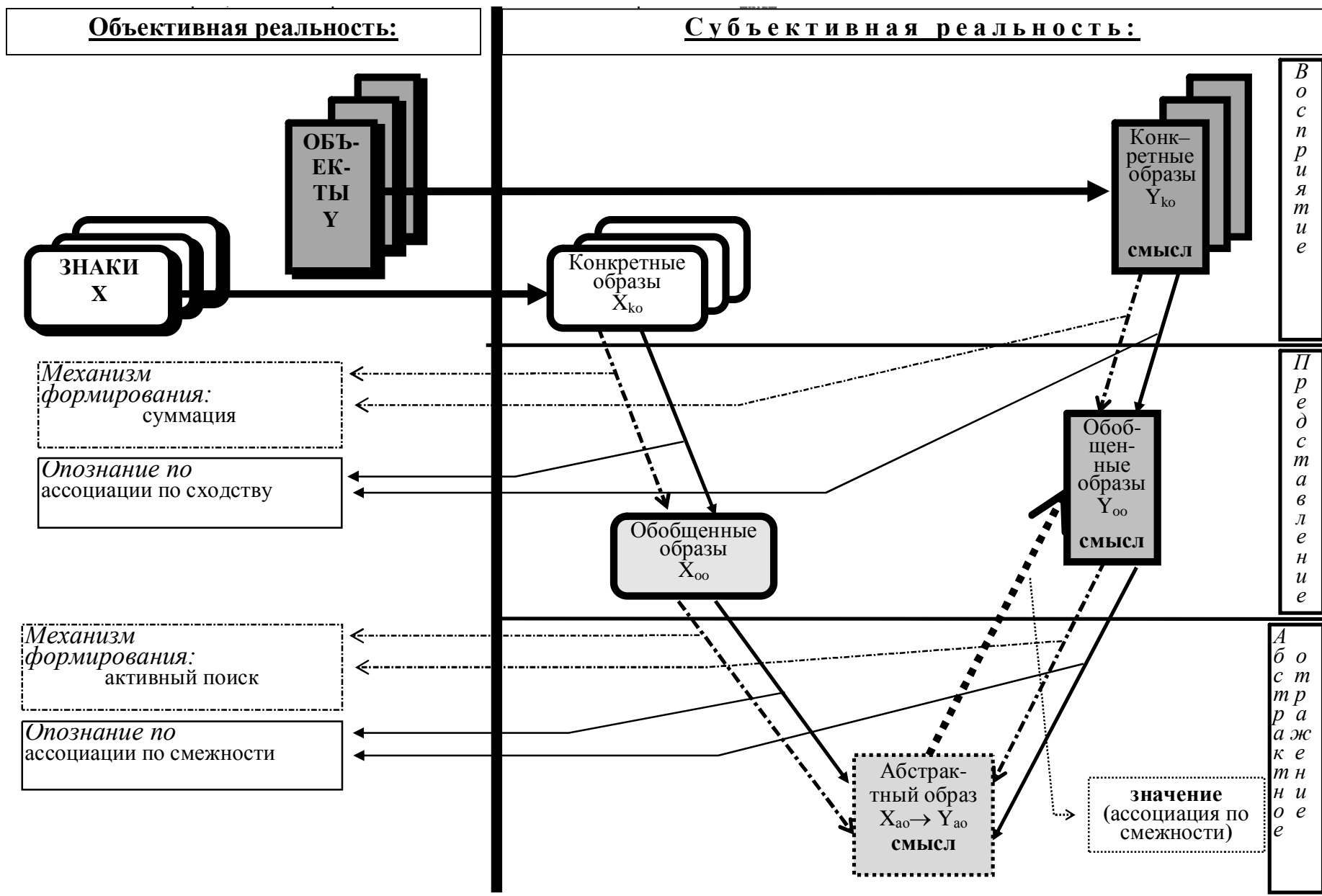


Рис. 2. Понимание знака как когнитивный информационный процесс

Рассмотрение понимания смысла знака как процесса инициации (возбуждения) образа объекта, обозначенного данным знаком, за счет ассоциации по смежности от образа знака позволяет практически решить задачу моделирования понимания. Это обусловлено тем, что модель понимания, при нашем подходе, есть модель образа объекта, конструктивно связанная с образом знака, способная возбуждаться под воздействием знаков, поступающих на вход ЭВМ. Конкретизация понимания и его результата позволяет выбрать объект моделирования, для которого возможно создание программного продукта в памяти ЭВМ.

Представление знаний – основа семантической обработки речи

Проблема понимания ЕЯ тесно связана с проблемой представления знаний в компьютерных системах, так как от того, как представлена информация об окружающем мире в ЭВМ, зависят все возможности по ее обработке.

Наиболее распространенными методами представления знаний в компьютерных системах являются: – сетевой метод; – продукционный метод; – фреймовый метод.

Сетевой метод предполагает описание проблемной области посредством графа, узлами, которого являются понятия об объектах, свойствах, событиях и т.д., а дугами – отношения между ними. Достоинство семантических сетей – наглядность представления понятийных знаний, с их помощью удобно представлять причинно-следственные связи между элементами знаний, а также структуру сложной системы знаний. Недостаток таких сетей – сложность вывода, т.е. поиска подграфа, соответствующего запросу.

Суть продукционного метода заключается в том, что в рамках данного подхода знания представляются в виде фактов и правил, например вида «ЕСЛИ...ТО...». При решении некой задачи факты сопоставляются правилам и, если правило выполняется – получаем новый факт; и так до тех пор, пока не будет решена задача. Достоинством продукционной модели является удобство вывода. К недостаткам можно отнести: – представление только процедурных знаний; – сложность представления иерархии понятий; – процесс логического вывода трудно поддается управлению; – процесс проверки применимости правил занимает много времени.

В рамках фреймового подхода, знания представляются в виде фреймов, которые, в свою очередь, представляют собой структуру для описания стереотипной ситуации, ее характеристик и их значений. Ориентированность на описание стандартных типовых ситуаций является одновременно достоинством и недостатком фреймовых моделей.

Каждый из перечисленных методов, как правило, ориентирован на описание какой-либо одной стороны моделируемой системы (структурной – сети, функциональной – продукции, объектной – фреймы). Таким образом, современные методы представления знаний не позволяют всесторонне описать некоторый факт, что часто затрудняет решение проблем, связанных с пониманием компьютерными системами ЕЯ. Следовательно, задача создания способа представления знаний, который интегрировал бы в себе возможности традиционных способов является актуальной.

Подход «Узел–Функция–Объект» (УФО-подход) – современная графоаналитическая технология визуального моделирования систем [2, 3], в рамках которой любая система представляется в виде трех взаимосвязанных аспектов (и рассматривается, т.о. как УФО-элемент):

- узел – перекресток входящих и выходящих связей системы (структурная характеристика системы);
- функция – процесс, в рамках которого входящие связи системы преобразуются в выходящие связи (функциональная, динамическая характеристика системы);
- объект – сущность, реализующая выполнение функции (объектная, субстанциальная характеристика системы).

Каждый УФО-элемент может иметь иерархическую структуру, так как любой узел, любая функция и любой объект могут состоять из соответствующих элементов, также представляющих собой узлы, функции и объекты (УФО-элементы). С помощью такой иерархии можно описать любую систему, учитывая ее структурные, функциональные и объектные характеристики. По сути, конфигурации УФО-элементов представляют собой средство для хранения знаний. Таким образом, представление знаний с помощью узлов,

функций и объектов дает полное описание представляемых знаний, их структурные, функциональные и объектные характеристики.

Например, смоделируем иерархию понятий из предметной области: «мебель и предметы быта». Определим основные типы связей между понятиями: часть – целое; родитель – потомок: потомок наследует все функции и объекты родителя.

Фрагмент модели иерархии понятий из данной предметной области представлен на рис. 3. На рисунке соединения отражают вид связи между понятиями, а не потоки.

Видно, что с помощью данного подхода очень удобно описывать иерархию понятий, т.к. узлы адекватно отображают понятийную структуру (родовидовые и целочастные отношения, а также любые ассоциации между понятиями), функции же позволяют описывать свойства понятий, а объекты – свойства этих свойств. Данный способ описания понятийной структуры позволяет, таким образом, строить концептуальные модели, удовлетворяющие требованиям естественной классификации [4].

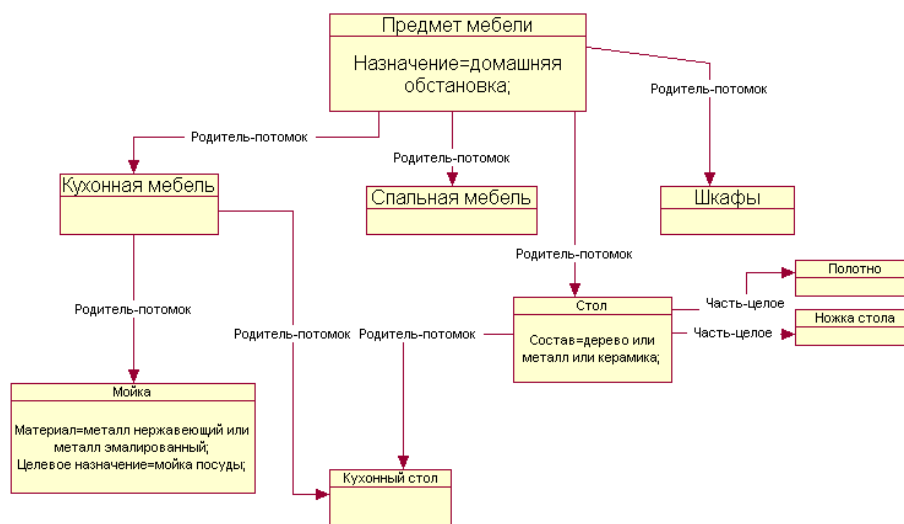


Рис.3. Фрагмент иерархии понятий в нотации УФО

При моделировании понимания речи одним описанием структуры разговорных понятий не обойтись, т.к. очень трудно реализовать механизм логического вывода или какие – либо другие операции с понятиями. Для решения данной проблемы необходимо хранить правила выводов, т.е. метазнаний. Данные правила удобно представить в виде продукций, которые так же можно смоделировать с помощью УФО-подхода. Например, рассмотрим систему продукций для рассматриваемой предметной области. Фрагмент иерархии продукций в нотации «узел-функция-объект» представлен на рис. 4.

В случае описания системы продукций узлы выступают в роли элементов группировки правил по определенной теме, функции – определяют правила, относящиеся к определенному узлу, объекты – описывают структуру правила, т.е. каждому свойству правила (назначение, состав, предмет мебели т.п.) соответствует объект в нотации УФО. Связи между узлами передают значения свойств правил, например, значение свойства «состав» (см. рис. 5). В виде диаграммы представленная на рисунке 4 иерархия продукций будет выглядеть следующим образом (см. рис. 5).

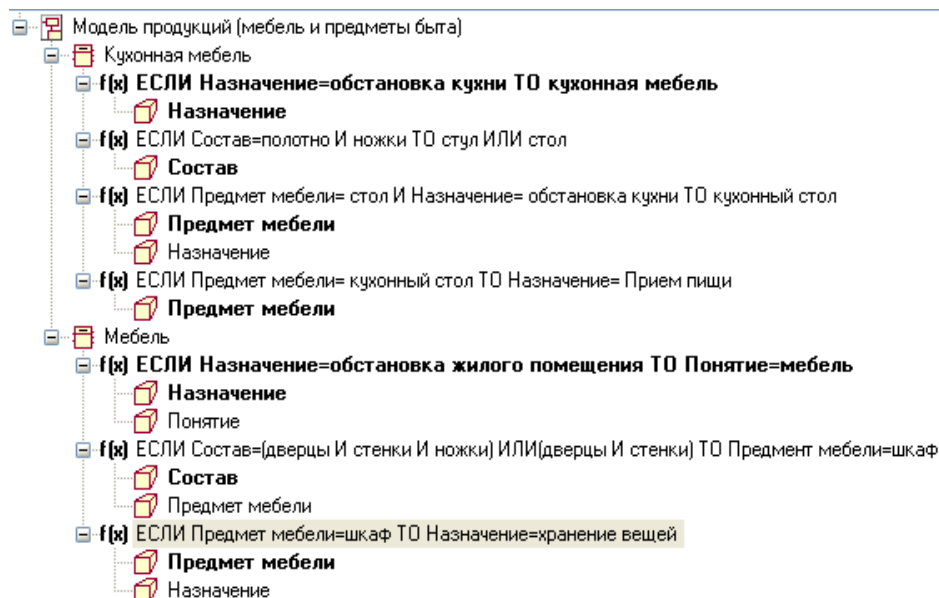


Рис. 4. Иерархия продукций (мебели и предметы быта)

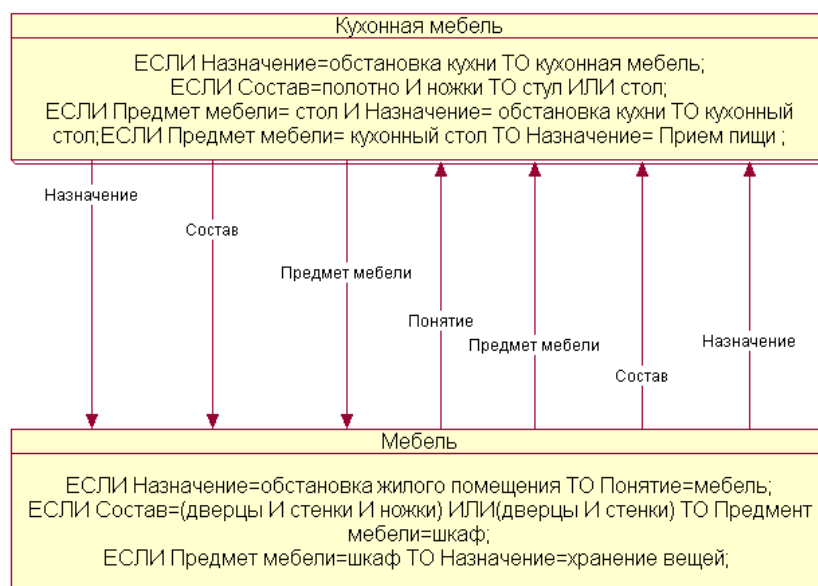


Рис. 5. Модель системы продукций в нотации УФО

Выводы

Можно сделать вывод, что хранение знаний с помощью узлов функций и объектов дает подробное и полное описание фактов, явлений и т.п., т.е. понятий естественного языка. Поэтому реализация метода представления знаний на основе УФО-подхода позволит интегрировать традиционные способы представления знаний в один универсальный способ, за счет чего повысится эффективность не только понимания речи машиной, но и работы со знаниями в целом.

Литература

1. Маторин С.И. О моделировании интеллектуального понимания языка делового общения // НТИ. Сер. 2. 1997. – №4 – С. 1-9.
2. Маторин С.И. О новом методе системологического анализа, согласованном с процедурой объектно-ориентированного проектирования. Ч.2 // Кибернетика и системный анализ. 2002. – №1. – С. 118-130.
3. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. Технология информационного обеспечения управления на основе системно-объектного подхода «Узел–Функция–Объект» // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. 2007. –



№39. – С. 106-118.

4. Бондаренко М.Ф., Маторин С.И., Соловьева Е.А. Системологический классификационный анализ слабоформализованных проблемных областей // Искусственный интеллект. 1999. – №2. – С 263-270.

SEMANTIC ASPECTS OF PROCESSING OF THE SPEECH DATA

S.I. MATORIN
A.G. ZHIKHAREV

Belgorod State University

e-mail: matorin@bsu.edu.ru

The problem of understanding of speech as the integral part of process of processing of the speech data is considered. The model of process of understanding of marks is resulted. The new methodology of representation of knowledge in the computer on a basis of the approach "Unit – Function-Object" is described.

Key words: visual modeling, UFO-TECHNOLOGY, automation of construction of the diagrams, processing of the speech data, understanding of speech.